

УДК 629.735.33

М.В. АМБРОЖЕВИЧ, А.С. КАРТАШЕВ, В.А. СЕРЕДА, С.А. ЯШИН

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

КРИТЕРИАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОГО СОВЕРШЕНСТВА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО СТАРТА

Приведена методика получения оценок транспортного совершенства беспилотных летательных аппаратов воздушного старта на основании общих подходов теории размерности и подобия. Представлен анализ графических результатов исследования.

воздушный старт, самолет-носитель, беспилотный летательный аппарат, пусковое устройство, двигательная установка, допустимая перегрузка, метод подобия и размерности, критерии подобия, транспортное совершенство

Введение

Многочисленная группа аэродинамических беспилотных летательных аппаратов (БЛА) традиционно ассоциируется с двухступенчатыми транспортными системами (ТС) воздушного старта.

Наличие представительного массива ТТХ 2 ст. ТС [1 – 5] является необходимой предпосылкой системного анализа совершенства воплощенных в них технических решений. Универсальной основой подобного анализа является теория размерности и подобия в форме метода критериальных оценок энергетического совершенства ТС [6 – 8].

1. Критериальные оценки облика ТС воздушного старта

По аналогии с [6 – 8] множество двухступенчатых БЛА (ДвБЛА) воздушного старта может быть пронормировано с использованием коэффициента транспортного совершенства (КТС), определяемого соотношением между энергетическими оценками полезной функции и соответствующими затратами.

Транспортное совершенство системы старта с учетом условий ввода в полет до момента сброса БЛА может оцениваться на основе КТС следующего вида:

$$K_{ТС} = \frac{E_K + E_{II}}{E_3} = \frac{\frac{m_{БЛА} V^2}{2} + m_{СН} g h_{сбp}}{m_m H_U}, \quad (1)$$

где E_K , E_{II} , E_3 – кинетическая энергия придаваемая БЛА, энергия для набора высоты и затрачиваемая энергии соответственно; $m_{БЛА}$, $m_{СН}$, m_m – масса БЛА, СН и топлива СН; H_U – низшая теплотворная способность топлива СН; $h_{сбp}$ – высота сброса БЛА; V – крейсерская скорость СН (фактически скорость сброса БЛА); g – ускорение свободного падения.

В соответствии с [6 – 8] облик двухступенчатого беспилотного летательного аппарата характеризуется следующим набором критериев:

1.1) масштабным числом Рейнольдса (уровнем воздействия вязкого сопротивления среды)

$$Re = \frac{V_{max} L_{БЛА}}{\nu}, \quad (2)$$

где $L_{БЛА}$ – характерный линейный размер ЛА; ν – коэффициент кинематической вязкости для соответствующей высоты полета;

1.2) тяговооруженностью

$$P = \frac{F_{БЛА}}{m_{БЛА} g}, \quad (3)$$

где $F_{БЛА}$ – тяга двигательной установки (ДУ) БЛА;

1.3) максимальным значением чисел Маха M_{\max} (воздействием волнового сопротивления);

1.4) предельно допустимой стартовой перегрузкой n (прочностными свойствами).

На рис. 1 – 4 представлены результаты применения «правила норм» (1 – 4) на множестве БЛА воздушного старта [1 – 5]. Для отображения эволюционных тенденций используются также хронологические координаты.

2. Основные выводы

2.1. КТС вида (1) позволяет отследить динамику прогресса в области БЛА воздушного старта (рис. 1). График показывает, что интерес к воздушному старту не исчезал на протяжении всей эпохи бурного развития беспилотной авиации. Это объясняется тем фактом, что любой новый разработанный БЛА на испытательной фазе целесообразнее и дешевле запускать с уже имеющегося СН, чем создавать дорогостоящее ПУ или разрабатывать стартовый ускоритель (СУ).

2.2. Критерий M_{\max} позволяет четко проследить прямую зависимость увеличения транспортного совершенства системы БЛА–СН при увеличении максимальной скорости аппарата (рис. 2).

2.3. Диаграмма на рис. 3 имеет явно выраженный экстремум и демонстрирует средние показатели транспортного совершенства СН для БЛА с наибольшей характерной длиной переносимого аппарата (критерий 2).

2.4. Критерий (3) позволяющий проследить изменение необходимой тяги двигателя в зависимости от массы аппарата (рис. 4) явно указывает на предельный уровень БЛА воздушного старта с ПВРД (AQM–81, GTD–21A и т. д.). Средние и оптимальные результаты в соотношении массы аппарата и тяги его ДУ показывают беспилотный летательный аппарат с ТРД (AQM–34L, AQM–91A и т. д.). При-

менение ПД и ПуВРД на ДвБЛА воздушного старта нецелесообразно, о чем свидетельствуют показатели MQM–33 и KDH–1.

2.5. Некоторые СН обладают избыточной энергетикой для своих запускаемых БЛА (AQM–81, FDM–160), в связи с чем транспортное совершенство таких ДвБЛА превосходит более мощные системы БЛА–СН, создаваемые специально для подобных целей (M–21).

2.6. Огромные затраты на создание специального СН SR–71 для БЛА GTD–21A не оправдали себя, так как транспортное совершенство системы оказалось не наивысшим, это объясняется тем, что запускаемому БЛА не обязательно (и невозможно) придать его крейсерскую скорость (3,3 М), а достаточно доставить в заданный район и сбросить на безопасной высоте.

2.7. Опыт применения различных СН (Y–8A, DC–130) для запуска одинакового БЛА (WZ–5) показывает, что целесообразнее выбирать носитель меньших размеров и с менее мощной ДУ.

2.8. Транспортное совершенство системы повышается с увеличением количества размещаемых на СН аппаратов (к самолету EC–131 возможно подвесить 4 БЛА BQM–34F Firebee II).

2.9. В отличие от СУ и ПУ, запускающих БЛА с высокой перегрузкой, СН в своем большинстве вводят в полет БЛА с малой перегрузкой (допустимая эксплуатационная перегрузка B–52 составляет 2g), это позволяет применять дешевое БРЭО, что актуально для невозвращаемых БЛА.

2.10. Иногда воздушный старт представляется единственным безопасным способом ввода в полет сверхтяжелых БЛА (GTD–21A), в условиях когда взлет с ВПП не целесообразен.

2.11 При рассмотрении самолета в отдельность от БЛА [8], его транспортное совершенство может оказаться выше, чем при рассмотрении его в качестве носителя.

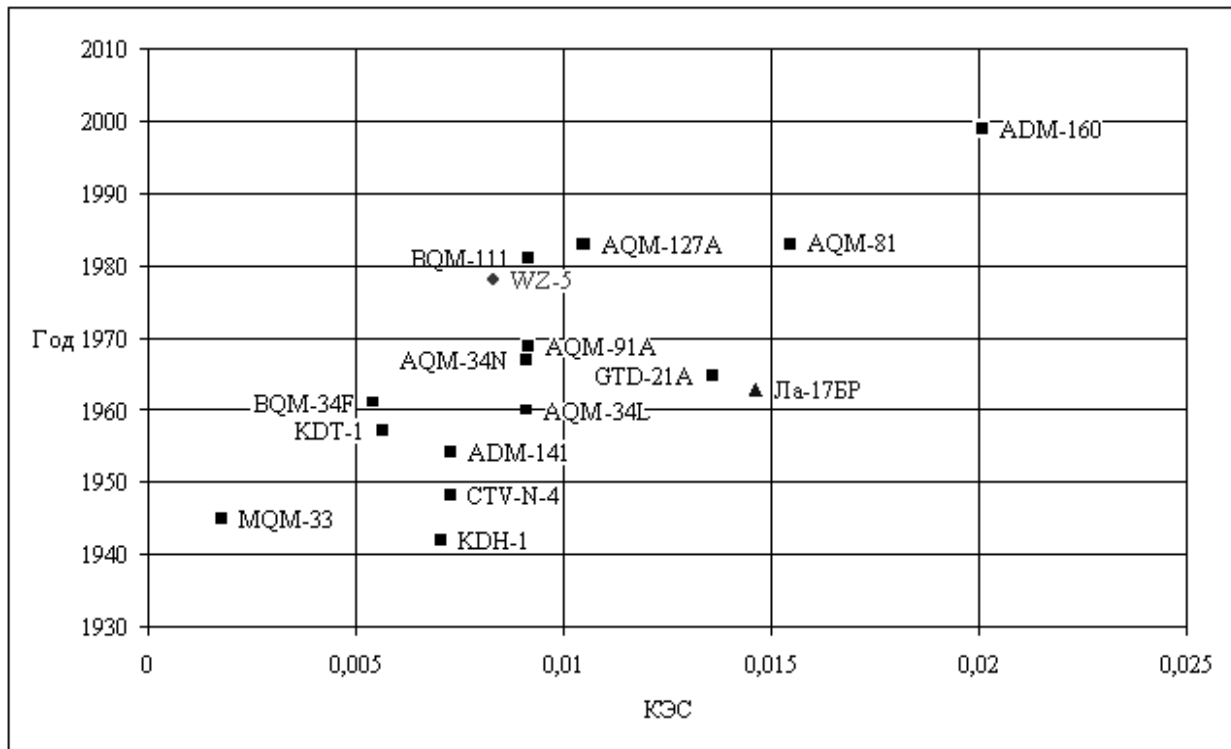


Рис. 1. Хронологическое развитие транспортного совершенства БЛА воздушного старта:
 ■ — США, ▲ — Россия, ◆ — Китай

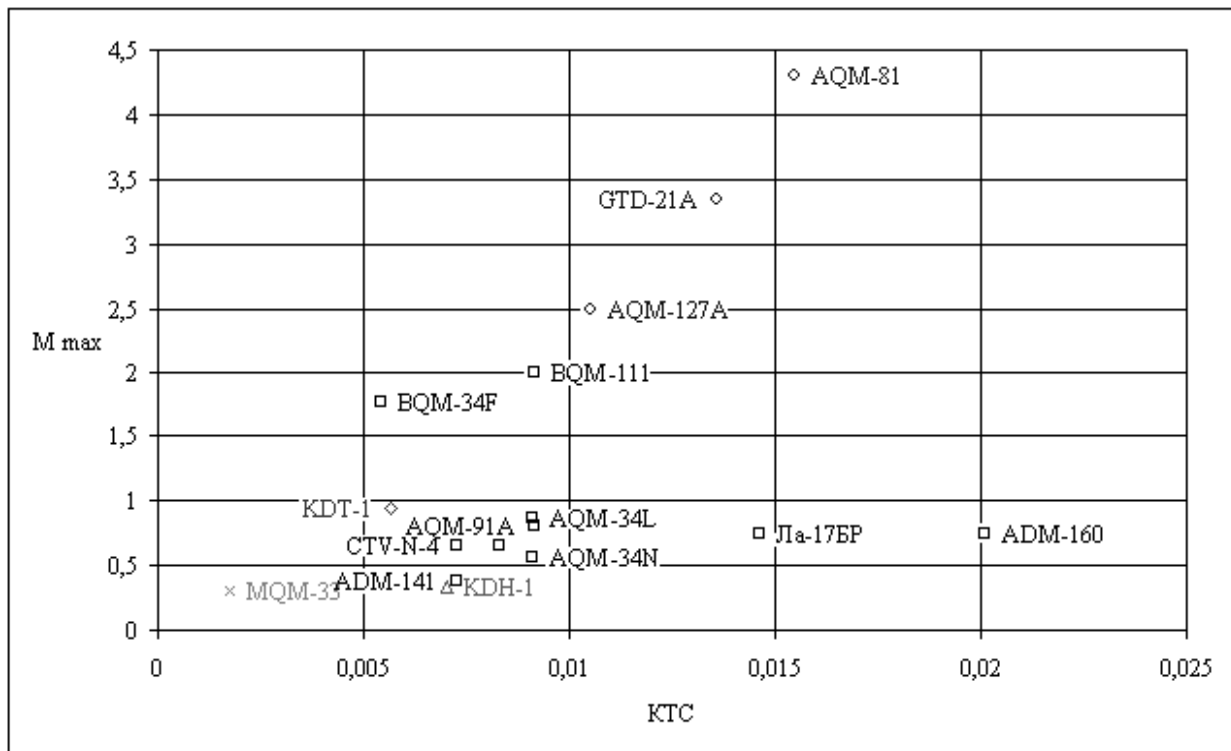


Рис. 2. Развитие транспортного совершенства БЛА воздушного старта в зависимости от максимальной скорости полета

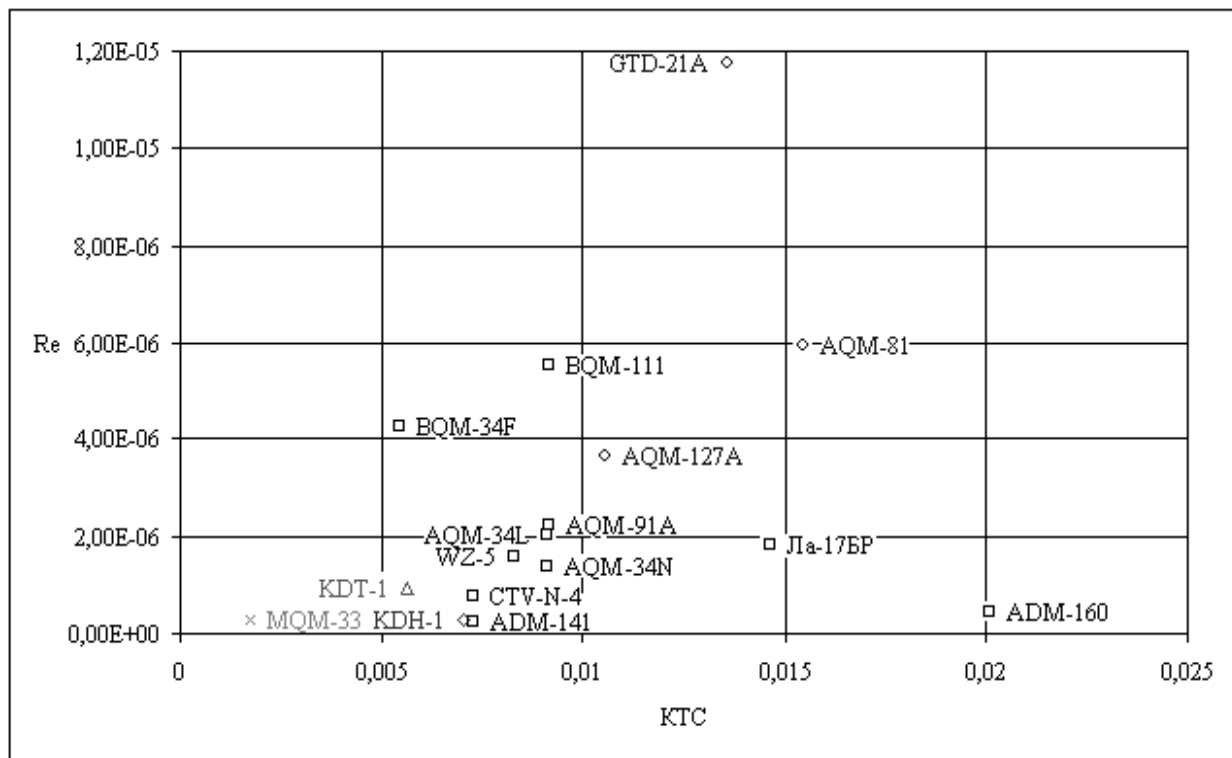


Рис. 3. Развитие транспортного совершенства БЛА воздушного старта в зависимости от характерного числа Рейнольдса

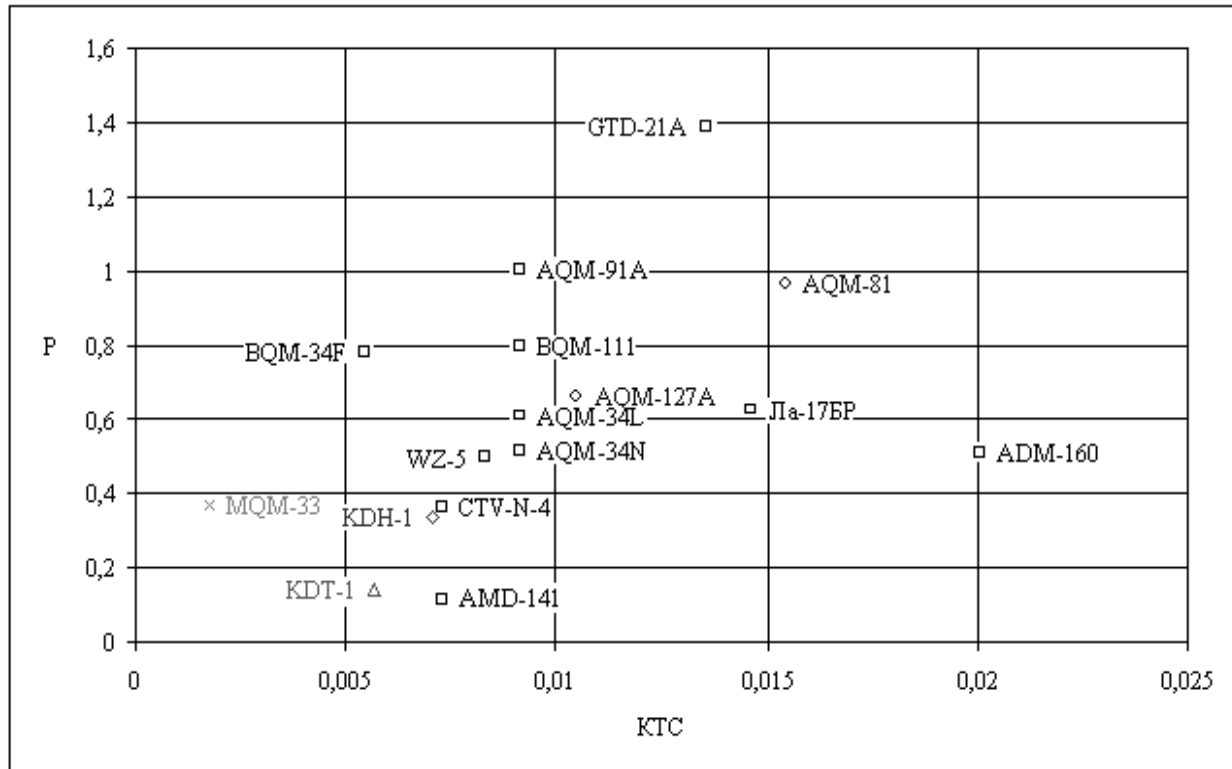


Рис. 4. Развитие транспортного совершенства БЛА воздушного старта в зависимости от тяговооруженности аппарата. Тип ДУ БЛА:

□ — ТРД, × — ПД, ◇ — ПВРД, ◇ — РДТТ, △ — ПуВРД

Заключение

1. Анализ показывает, что высокое транспортное совершенство системы БЛА–СН при прочих равных условиях достигается у аппаратов малой и средней массы (250–650 кг), вводимых в полет СН с ДУ малой и средней мощности.

Для БЛА воздушного старта транспортное совершенство напрямую зависит от характеристик СН.

2. Применение систем воздушного старта целесообразно на стадии испытаний вновь созданного БЛА.

3. Использование метода критериальных оценок позволяет выявлять тенденции улучшения копируемых образцов БЛА (WZ–5, BQM–34A и т. д.).

4. Представленный анализ позволяет на начальных этапах проектирования транспортных систем формализовать решение задачи формирования внешнего облика на основании технического задания, и тем самым снизить стоимость ранних стадий проектирования и сопутствующий технический риск. Исходя из условий подобия, с помощью критериальных комплексов, подбирать СН, наилучшим образом удовлетворяющий условиям транспортного совершенства системы в целом [12].

Литература

1. Василин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты. – Мн: ООО «Попурри», 2003. – 272 с.

2. Матусевич А.Н. Советские беспилотные самолеты-разведчики первого поколения. История. Конструкция. Вооружение. Боевое применение. – М: АСТ, Мн: Харвест, 2002. – 48 с.

3. Сведения о БЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.designation-systems.net>.

4. Сведения о БЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sinodefence.com>.

5. Сведения о БЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.globalsecurity.org>.

6. Амброжевич М.В., Карташев А.С., Яшин С.А. Критериальные оценки транспортного совершенства летательных аппаратов с баллистическими и орбитальными траекториями полета // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 4 (30). – С. 25-30.

7. Амброжевич М.В., Карташев А.С., Яшин С.А. Критериальные оценки энергетического совершенства атмосферных ракетных летательных аппаратов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 5 (31). – С. 21-29.

8. Амброжевич М.В., Карташев А.С., Яшин С.А. Критериальные оценки транспортного и скоростного совершенства аэродинамических летательных аппаратов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 6 (32). – С. 19-23.

9. Сведения о самолетах и двигателях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airwar.ru>.

10. Двигатели 1944–2000: авиационные, ракетные, морские, наземные. – М: ООО «АКС-Конверсалт», 2000. – 434 с.

11. Грин В., Кросс Р. Реактивные самолеты мира. – М: Издательство иностранной литературы, 1957. – 230 с.

12. Карташев А.С. Критериальный метод выбора тактико-технических характеристик и формирование облика малоразмерного летательного аппарата // *Автомобильный транспорт: Сборник научных трудов*. – Х.: ХНАДУ, 2007. – Вып. 21. – С. 82-86.

Поступила в редакцию 30.10.2007

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.